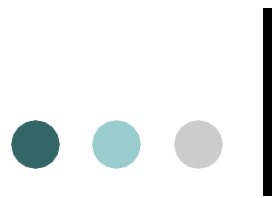


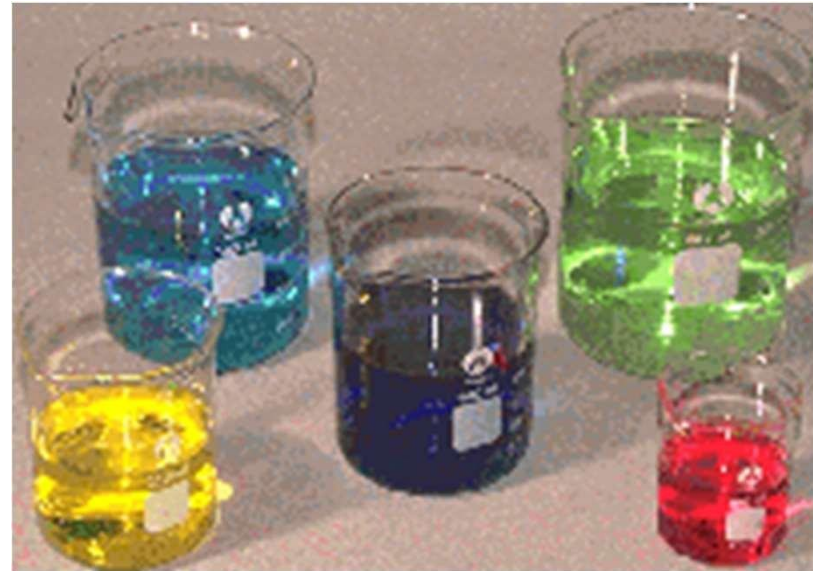


Розчини

- класифікація
- кількісні характеристики
- енергетика розчинення
- фактори впливу на розчинність
- колігативні властивості розчинів
- вода як розчинник
- твердість води та методи її усунення



- **Розчин** – **гомогенна суміш** речовин, яка є однофазною.
- Містить **розчинену речовину** і **розчинник**.
- **розчинник** – речовина, яка домінує у розчині, а її агрегатний стан не змінюється при утворенні розчину.
- розчин має такий самий фізичний стан, що і розчинник.



Типи розчинів

Газові

повітря
 O_2 , CO_2 , NO_x
у N_2

Рідкі

Газ у рідині:
 O_2 в H_2O

Рідина
у рідині:
 C_2H_5OH в H_2O

Тверде
у рідині:
крейда в H_2O

Тверді



Газ у твердому:
 H_2 у металах

рідина
у твердому:
Au у Hg
(амальгама)











Тверде
у твердому:
сталь, сплави

Класифікація дисперсних систем за співвідношенням агрегатних станів дисперсної фази і дисперсійного середовища




Класифікація дисперсних систем з газоподібним дисперсійним середовищем

<i>Позначення дисперсної системи</i>	<i>Назва дисперсної системи і приклади</i>
Г/Г	<i>Дисперсна система не утворюється</i>
Р/Г	<i>Аерозолі:</i>  Тумани Хмарини
Т/Г	<i>Аерозолі, порошки:</i>  Пил Дим Порошок

Класифікація дисперсних систем з рідким дисперсійним середовищем

Позначення дисперсної системи	Назва дисперсної системи і приклади
Г/Р	Газові емульсії, піни:
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Газована вода</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Пивна піна</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Мильна піна</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Піна вогнегасників</p> </div> </div>
Р/Р	Емульсії:
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Нафта</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Молоко</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Креми</p> </div> </div>
Т/Р	Суспензії та золі:
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Мул</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Завісі</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Пасти</p> </div> </div>

Класифікація дисперсних систем з твердим дисперсійним середовищем

дисперсної системи	
Г/Т	<p><i>і приклади</i> <i>Поруваті тіла:</i></p>  <p>Застигла лава Пемза Пінопласт Пінобетон</p>  <p>Активоване вугілля Порувата гума Хліб Сир</p>
	<p><i>Капілярні системи:</i></p>  <p>Грунти Гелі Желатин Опал</p>

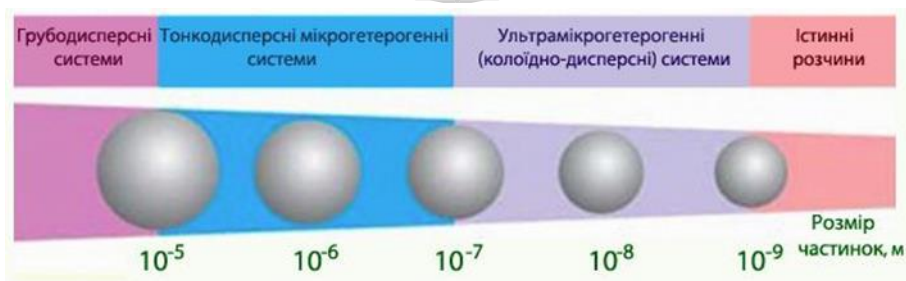
	  <p>Рідина в поруватих тілах Мінерали з рідким включенням (аметист)</p>
Т/Т	<p><i>Тверді гетерогенні системи:</i></p>  <p>Сплави Бетони Сітали</p>  <p>Композиційні матеріали Граніти Вітражне скло Рубінове скло</p>

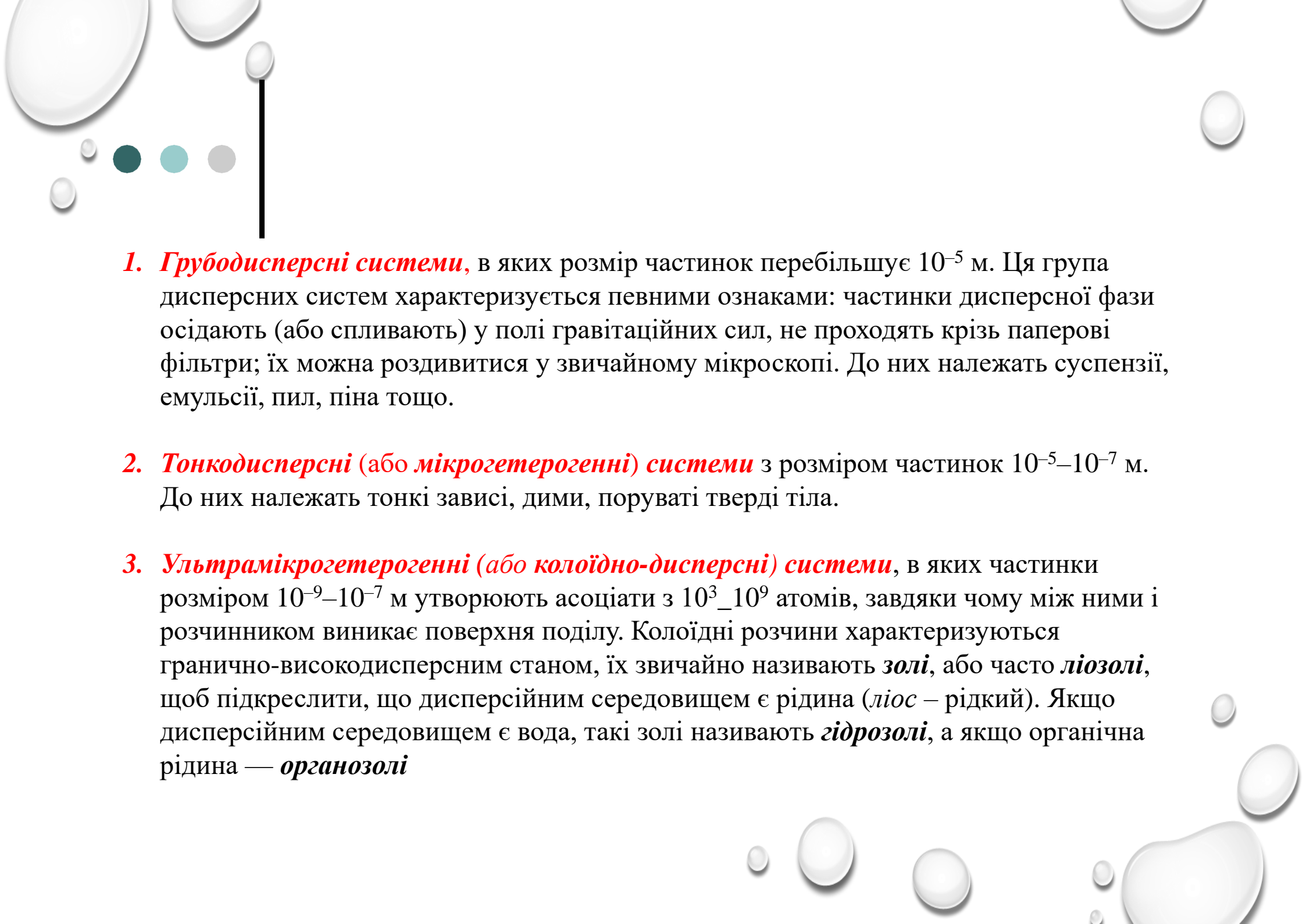


Класифікація розчинів за розміром розчинених частинок



7



- 
- 1. Грубодисперсні системи**, в яких розмір частинок перебільшує 10^{-5} м. Ця група дисперсних систем характеризується певними ознаками: частинки дисперсної фази осідають (або спливають) у полі гравітаційних сил, не проходять крізь паперові фільтри; їх можна роздивитися у звичайному мікроскопі. До них належать суспензії, емульсії, пил, піна тощо.
 - 2. Тонкодисперсні (або мікрогетерогенні) системи** з розміром частинок 10^{-5} – 10^{-7} м. До них належать тонкі зависі, дими, поруваті тверді тіла.
 - 3. Ультрамикрогетерогенні (або колоїдно-дисперсні) системи**, в яких частинки розміром 10^{-9} – 10^{-7} м утворюють асоціати з 10^3 – 10^9 атомів, завдяки чому між ними і розчинником виникає поверхня поділу. Колоїдні розчини характеризуються гранично-високодисперсним станом, їх звичайно називають **золі**, або часто **ліозолі**, щоб підкреслити, що дисперсійним середовищем є рідина (*ліос* – рідкий). Якщо дисперсійним середовищем є вода, такі золі називають **гідрозолі**, а якщо органічна рідина — **органозолі**

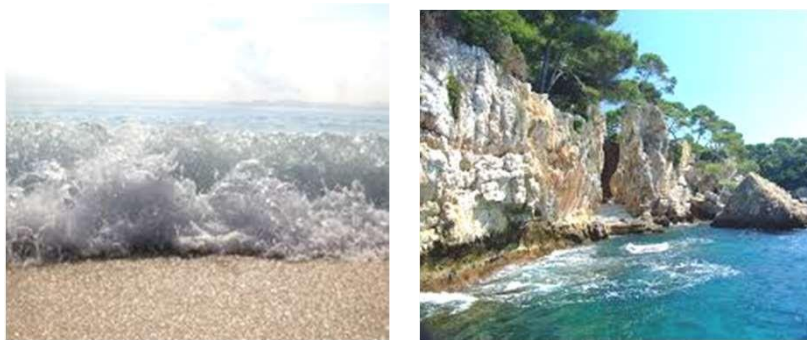
Колоїди – негомогенні суміші

Дисперсійне середовище		Дисперсна фаза		
		Газ	Рідина	Тверде
Р О З Ч И Н Н И К	Газ	–	Рідкий аерозоль туман	Твердий аерозоль дим, пил
	Рідина	Піна Газовані напитки	Емульсія молоко	Золь кров
	Тверде	Тверда піна пемза, губка	Гель агар, желе, опал	Твердий золь скло



Колоїди – негомогенні суміші

Піна



Аерозолі



Емульсія



Гель



Золь



Кількісні характеристики розчинів

- **Розчинність** – здатність речовини утворювати з іншими речовинами однорідні системи, в яких речовина існує у вигляді окремих атомів, іонів, молекул або частинок.
- Розчинність виражається концентрацією розчиненої речовини в насиченому розчині у масових або об'ємних одиницях .



Diluted ←————→ **Concentrated**

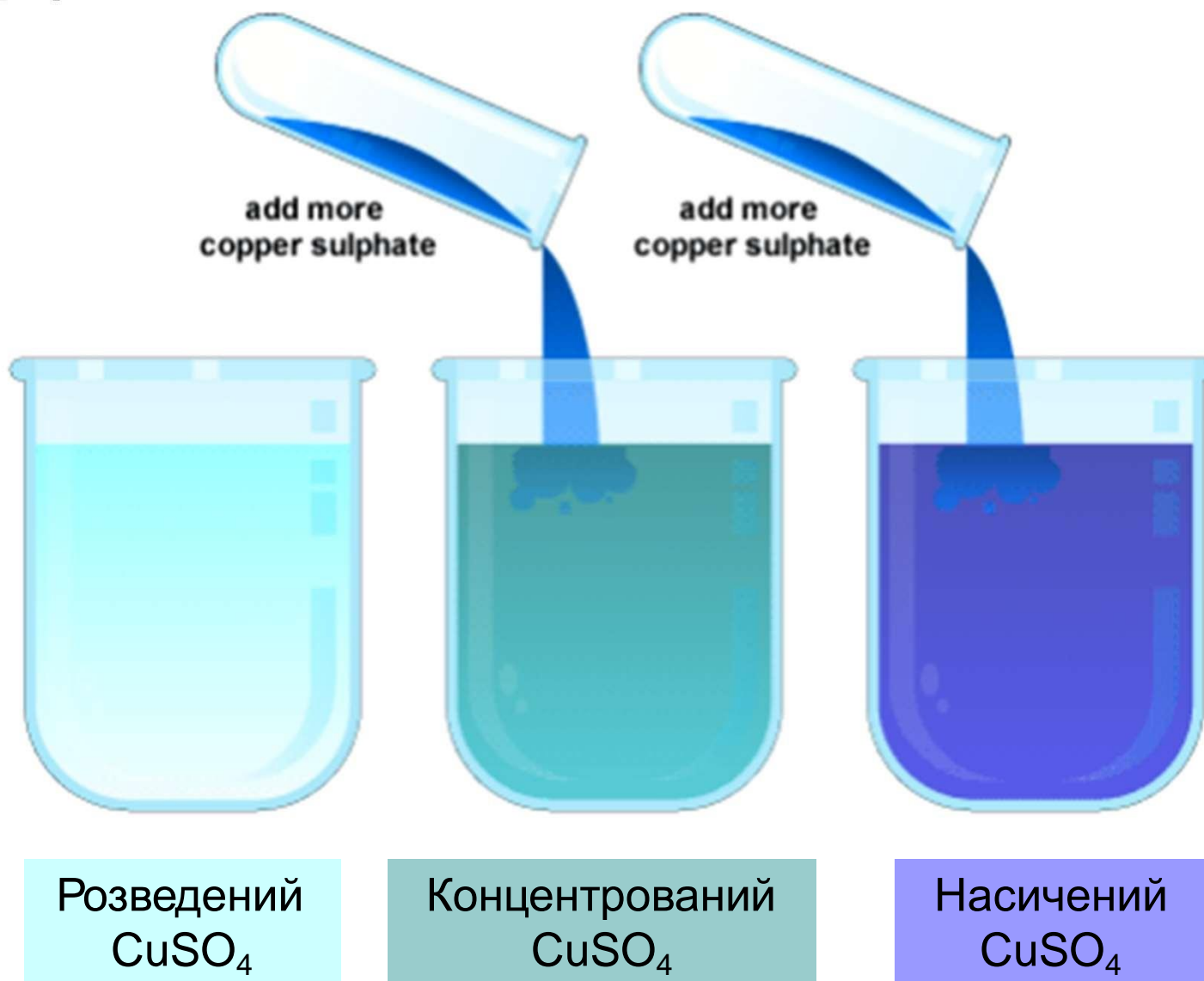


Кількісні характеристики розчинів

- **Гранична розчинність L** – маса розчиненої речовини у насиченому розчині на 100 г розчинника (за конкретних умов – температури, тиску тощо):

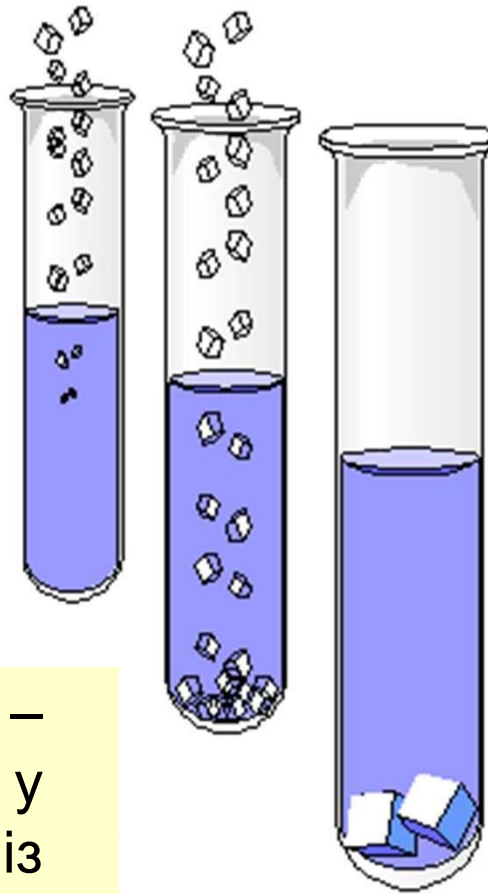
$$L = \frac{m(X)}{100} \left[\frac{\text{г}}{100 \text{ г розчинника}} \right]$$

Кількісні характеристики розчинів



Стадії насичення розчинів

Ненасичений –
додана
речовина
розчиняється



Насчений –
кристали у
рівновазі із
розчином

Пересичений –
починається
кристалізація
при додаванні
мікрочастинки
речовини





Легкорозчинні речовини – якщо у 100 г води при кімнатній температурі розчиняється більш ніж 10 г речовини

поварена сіль – при 20°C в 100 г води
розчиняється 35,8 г NaCl
мідний купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (20,7 г)
амоніак NH_3 (67,9 г)

Малорозчинні речовини – якщо в 100 г води розчиняється менш ніж 1 г речовини

гіпс CaSO_4 (0,195 г)
гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (0,165 г)





Практично нерозчинні речовини – якщо в 100 г води
розчиняється менш ніж 0,1 г речовини
сульфат барію BaSO_4 (0,00023 г)
аргентум хлорид AgCl (0,00015 г)

Абсолютно нерозчинних речовин не існує.





Кількісні характеристики розчинів

Об'ємні концентрації:

- **Масова $a(X)$** – відношення маси розчиненої речовини $m(X)$ до об'єму розчину V :

$$a(X) = m(X)/V \quad [\text{кг/м}^3, \text{г/дм}^3 = \text{г/л}]$$

$$1 \text{ м}^3 = 10^3 \text{ дм}^3; 1 \text{ дм}^3 = 10^3 \text{ см}^3$$

- **Молярна $c(X)$** – показує, яка кількість речовини $n(X)$ міститься у одиниці об'єму розчину V :

$$c(X) = n(X)/V \quad [\text{моль/м}^3, \text{моль/дм}^3 = \text{моль/л}]$$

$$n(X) = m(X)/M(X)$$



Приклад

Чому дорівнює молярна концентрація розчину сульфатної кислоти з масовою часткою речовини 98 % і густиною розчину 1,84 г/мл?

Розв'язок: Розрахуємо масу 1 л (або 1000 мл) розчину:

$$m_{\text{розч}} = \rho \cdot V = 1,84 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1840 \text{ г.}$$

Перетворимо вихідну формулу

$$\omega = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{розч}}} \cdot 100\%.$$

і знайдемо масу розчиненої речовини

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega \cdot m_{\text{розч}} / 100 \% = 98\% \cdot 1840 \text{ г} / 100 \% = 1803,2 \text{ г.}$$

Тоді згідно з формулою (10.3) молярна концентрація становить:

$$C_M = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V = 1803,2 \text{ г} / 98 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л} = 18,4 \text{ моль/л.}$$



Кількісні характеристики розчинів

Масові концентрації:

- **Масова частка (відсоткова) $\omega(X)$** – відношення маси розчиненої речовини $m(X)_i$ до масі розчину m_p :

$$\omega(X) = m(X)/m_p (\cdot 100 \%) [\%]$$

$$m_p = V \cdot \rho; m_p = m(X) + m(\text{H}_2\text{O})$$

- **Молярність $m_L(X)$** – кількість розчиненої речовини $n(X)$ у 1000 г розчинника:

$$m_L(X) = n(X)/m_{p\text{-ль}} [\text{моль/кг}]$$

$$m_{p\text{-ль}} = m_p - m(X)$$



Приклад

Розрахувати масову частку кристалізаційної води в мідному купоросі.

Розв'язок. Мідний купорос – це кристалогідрат складу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Молярні маси кристалогідрату і солі відповідно складають:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль},$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}.$$

Масова частка ω – це відношення маси складової частини речовини до всієї маси. Для випадку, що розглядається, масову частку кристалізаційної води розрахуємо за формулою:

$$\omega = \frac{5 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{5 \cdot 18}{250} = 0,36 \quad (\text{або } 36\%)$$

Отже, масова частка кристалізаційної води в кристалогідраті мідного купоросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ дорівнює:

$$\omega(\text{H}_2\text{O})_{\text{крист}} = 36\%.$$



Приклад

Розрахувати маси солі і води, що потрібні для приготування 70 г розчину, в якому $\omega(\text{NaCl}) = 0,10$.

Розв'язок. Перетворимо вихідну формулу ($\omega = m_{\text{реч}} / m_{\text{розч}}$) і обчислимо масу речовини у розчині:

$$m_{\text{реч}} = \omega \cdot m_{\text{розч}},$$
$$m(\text{NaCl}) = 0,10 \cdot 70 = 7\text{г.}$$

Тоді маса води буде дорівнювати:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{розч}} - m_{\text{реч}} = 70 - 7 = 63\text{г.}$$



Кількісні характеристики розчинів

- Мольна частка X_i – відношення кількості даної речовини n_i до загальної кількості всіх компонентів розчину n_Σ :

$$X_i = n_i/n_\Sigma \text{ [моль/моль]}$$

- Об'ємна частка $\varphi(X)$ – відношення об'єму розчиненої речовини $V(X)$ до об'єму розчину:

$$\varphi(X) = V(X)/V$$



Кількісні характеристики розчинів

- Молярна концентрація еквівалента (нормальність) $c_e(X)$ – кількість еквівалентів даної речовини в одиниці об'єму розчину:

$$c_e(X) = n_e(X)/V \text{ [моль·екв/м}^3\text{, моль·екв/дм}^3\text{]}$$

$$n_e(X) = m(X)/M_e(X); M_e(X) = M(X) \cdot f_e(X) \rightarrow$$

$$c_e(X) = c(X) / f_e(X)$$

- Титр T – маса розчиненої речовини в 1 мл розчину

$$T(X) = m(X)/V \text{ [г/мл]}$$

ЗВ'ЯЗОК НОРМАЛЬНОСТІ ТА МОЛЯРНOSTІ

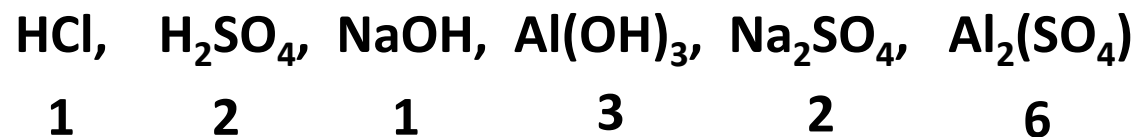
$$C_N = \frac{m_{p-ny}}{M_e \cdot V_{p-ny}} \quad E_{p-ny} = \frac{M_r}{Z}$$

Z – сумарний заряд катіона

$$C_N = \frac{m_{p-ny} \cdot Z}{M_r \cdot V_{p-ny}} = C_M \cdot Z$$

$$N = M \cdot Z$$

Z – залежить від природи речовини



Приклад

Наважку $K_2Cr_2O_7$ масою 4,41 г розчинили у 200 г води і одержали розчин з густиною 1,015 г/мл.

Визначити такі концентрації в одержаному розчині: а) масову частку, б) молярну, в) нормальну, г) моляльну, д) мольну частку, е) титр.

Розв'язок. Маса розчину складається із суми мас розчиненої речовини $K_2Cr_2O_7$ ($m_{\text{реч}}$) і розчинника:

$$m_{\text{розч}} = m_{\text{реч.}} + m(H_2O) = 4,41 + 200 = 204,41 \text{ г.}$$

а) Масову частку обчислимо за формулою $\omega = m_{\text{реч}} / m_{\text{розч}}$:

$$\omega(K_2Cr_2O_7) = m_{\text{реч}} / m_{\text{розч}} = 4,41 \text{ г} / 204,41 \text{ г} = 0,022 \text{ (або 2,2\%)}$$

б) Для обчислення молярної концентрації попередньо необхідно розрахувати об'єм розчину $V_{\text{розч}}$ і кількість розчиненої речовини $\nu_{\text{реч}}$.

Об'єм визначається відношенням маси розчину до його густини, :

$$V_{\text{розч}} = m_{\text{розч}} / \rho_{\text{розч}} = 204,41 \text{ г} / 1,015 \text{ г/мл} = 201,4 \text{ мл} = 0,2014 \text{ л.}$$

Молярна маса речовини $K_2Cr_2O_7$ і кількість розчиненої речовини $\nu_{\text{реч}}$ складають:

$$M(K_2Cr_2O_7) = 294 \text{ г/моль,}$$

$$\nu_{\text{реч}}(K_2Cr_2O_7) = m_{\text{реч}} / M = 4,41 \text{ г} / 294 \text{ г/моль} = 0,015 \text{ моль.}$$

Молярна концентрація відповідно до формули ($C_M = \nu / V$) дорівнюватиме:

$$C_M(K_2Cr_2O_7) = \nu / V = 0,015 \text{ моль} / 0,2014 \text{ л} = 0,074 \text{ моль/л,}$$

Приклад

Наважку $K_2Cr_2O_7$ масою 4,41 г розчинили у 200 г води і одержали розчин з густиною 1,015 г/мл.

Визначити такі концентрації в одержаному розчині: а) масову частку, б) молярну, в) нормальну, г) моляльну, д) мольну частку, е) титр.

в) Знаходимо молярну масу еквівалента речовини $K_2Cr_2O_7$ і кількість еквівалентів $n_{\text{екв}}$:

$$m_{\text{екв}}(K_2Cr_2O_7) = M(K_2Cr_2O_7) / \nu \cdot z = 294 / 1 \cdot 2 = 147 \text{ г/моль-екв,}$$

$$n_{\text{екв.реч}} = m_{\text{реч}} / m_{\text{екв}} = 4,41 \text{ г} / 147 \text{ г/моль-екв} = 0,03 \text{ моль-екв.}$$

Тоді нормальність розчину:

$$C_N = n_{\text{екв}} / V = 0,03 \text{ моль-екв} / 0,2014 \text{ л} = 0,148 \text{ моль-екв/л.}$$

г) Моляльна концентрація розчину обчислюється за формулою

$$C_m = \frac{\nu(K_2Cr_2O_7) \cdot 1000}{m(H_2O)} = \frac{0,015 \text{ моль} \cdot 1000}{200 \text{ г}} = 0,075 \text{ моль/1кг } H_2O$$

Приклад

Наважку $K_2Cr_2O_7$ масою 4,41 г розчинили у 200 г води і одержали розчин з густиною 1,015 г/мл.

Визначити такі концентрації в одержаному розчині: а) масову частку, б) молярну, в) нормальну, г) моляльну, д) мольну частку, е) титр.

д) Для обчислення мольної частки χ (або N) за формулою спочатку необхідно розрахувати кількість речовини розчинника:

$$\nu(H_2O) = m / M = 200 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 11,111 \text{ моль},$$

Мольна частка:

$$\chi = N(K_2Cr_2O_7) = \frac{\nu(K_2Cr_2O_7)}{\nu(K_2Cr_2O_7) + \nu(H_2O)} = \frac{0,015 \text{ моль}}{0,015 \text{ моль} + 11,111 \text{ моль}} = 0,0014$$

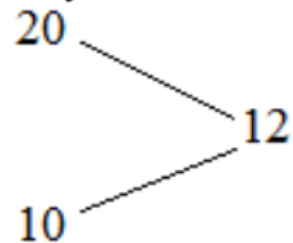
е) Титр, який показує, скільки грамів розчиненої речовини припадає на 1 мл розчину, визначимо за формулою $T = m_{\text{реч.}} / V_{\text{розч.}}$:

$$T(K_2Cr_2O_7) = 4,41 \text{ г} / 201,4 \text{ мл} = 0,0219 \text{ г/мл}.$$

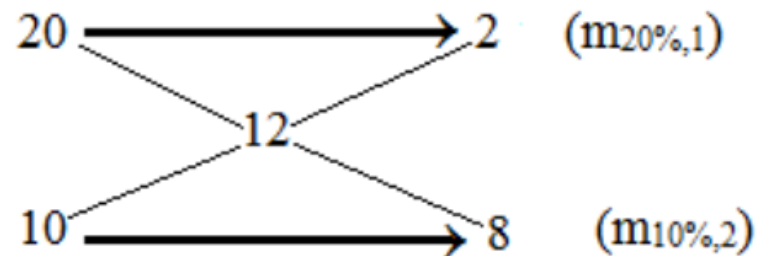
Приклад

Визначити, маси кожного розчину з масовими концентраціями NaCl 10 % і 20 %, які необхідно взяти для приготування 300 г з масовою часткою 12 %.

Розв'язок. Задачі такого типу простіше розв'язувати за так званим «правилом хреста». Для цього складають діаграму, у верхній частині якої записують масову частку більш концентрованого розчину, у нижній – більш розведеного, а усередині – задану масову частку того розчину, що потрібно приготувати:



На наступному етапі від значення масової частки (ω_1) більш концентрованого розчину (у нашому прикладі 20%) віднімають масову частку (ω_3) того розчину, що треба приготувати (тобто 12%), і отриману величину ($\omega_1 - \omega_3 = 20 - 12 = 8$) розміщують у нижній частині діаграми по діагоналі. У верхній частині (по діагоналі) записують різницю між значеннями масових часток розчину, що необхідно приготувати, та більш розведеного розчину ($\omega_3 - \omega_2 = 12 - 10 = 2$). Після цього діаграма матиме вигляд:



Приклад

Визначити, маси кожного розчину з масовими концентраціями NaCl 10 % і 20 %, які необхідно взяти для приготування 300 г з масовою часткою 12 %.

З одержаної діаграми випливає, що для приготування зазначеного розчину слід взяти дві частини 20%-ного розчину, які на діаграмі позначені $m_{20\%,1}$, та вісім частин 10%-ного розчину (позначені $m_{10\%,2}$). Остаточний розрахунок виконують за формулами:

$$m_{\text{розч.1}(20\%)} = \frac{m_{20\%,1} \cdot m_{\text{розч.3}}}{m_{20\%,1} + m_{10\%,2}} = \frac{2 \cdot 300}{2 + 8} = 60 \text{ г},$$

$$m_{\text{розч.2}(10\%)} = \frac{m_{10\%,2} \cdot m_{\text{розч.3}}}{m_{20\%,1} + m_{10\%,2}} = \frac{8 \cdot 300}{2 + 8} = 240 \text{ г}.$$

Закон еквівалентів для розчинів

Речовини реагують між собою в еквівалентних кількостях, тобто $n_1 = n_2 = n_3 = \dots$

Для розчинів

$$n = N \cdot V$$

(кількість г-екв. дорівнює добутку нормальності розчину на об'єм)

Таким чином

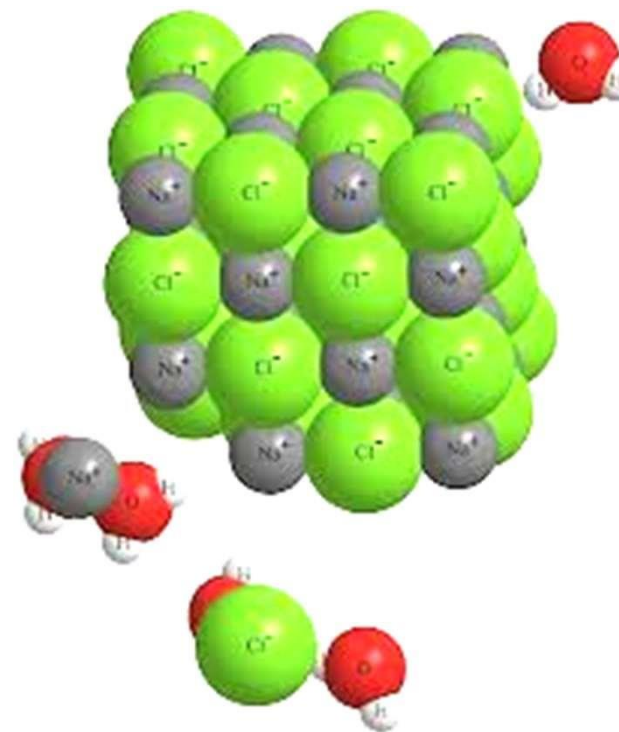
$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2 \text{ або } V_1 / V_2 = N_2 / N_1$$

(Об'єми реагуючих речовин обернено пропорційні їх нормальностям)

Енергетика розчинення

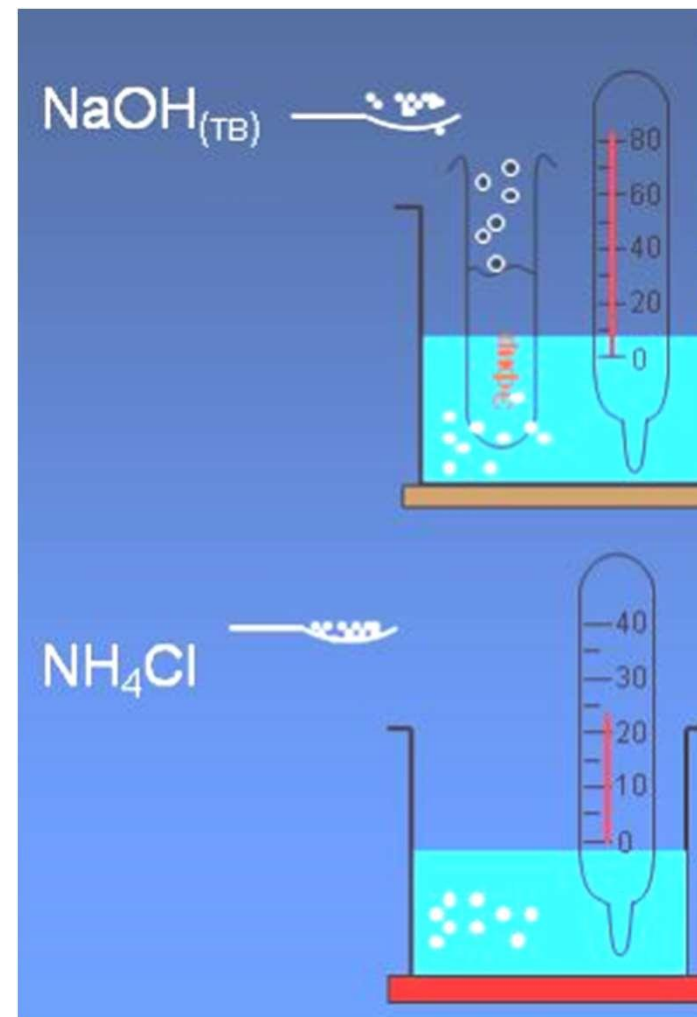
- Процес розчинення твердої речовини у воді супроводжується руйнуванням кристалічної ґратки із витратою енергії $-Q_{\text{кр}}$ і наступною **гідратацією** – утворенням **гідратів** $\text{Cl}^- \cdot x\text{H}_2\text{O}$ і $\text{Na}^+ \cdot y\text{H}_2\text{O}$ із виділенням теплоти $+Q_{\text{гідр}}$.
- В результаті загальний **тепловий ефект розчинення** розраховують як

$$Q(p) = -Q_{\text{кр}} + Q_{\text{гідр}}$$



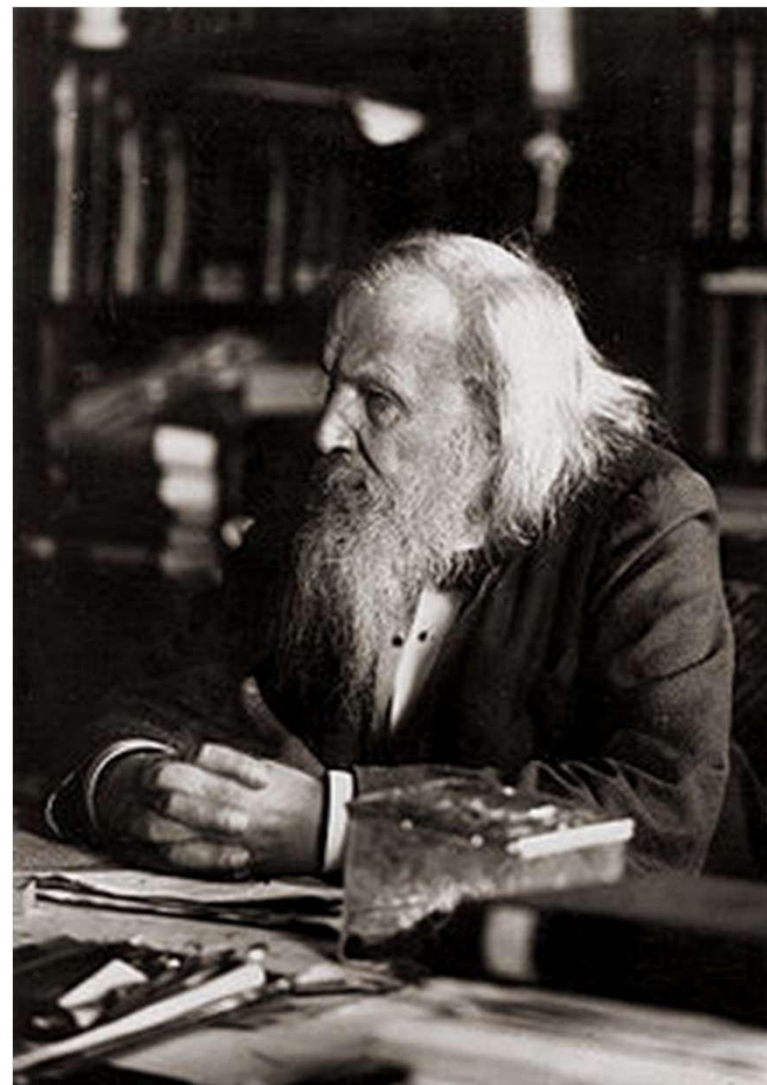
Енергетика розчинення

- Якщо $Q_{\text{гідр}} > Q_{\text{кр}}$, розчинення екзотермічне $\Delta H < 0$ (NaOH, AlCl₃)
- Якщо $Q_{\text{гідр}} < Q_{\text{кр}}$, розчинення ендотермічне $\Delta H > 0$ (NaNO₃, NH₄NO₃).
- Якщо $Q_{\text{гідр}} = Q_{\text{кр}}$, температура розчину залишається без змінення (NaCl).



Розчинення

- Основні положення хімічної теорії розчинів Д.І. Менделєєва: розчинення – це фізико-хімічний процес руйнування зв'язків у вихідних речовинах і утворення нових зв'язків у гідратах.





Фактори розчинення

- Природа речовин
- Температура
- Тиск (для газів)
- Чистота або наявність третьої речовини



Подібне розчиняється у подібному

- Речовина з іонними або ковалентними полярними зв'язками, а також полярні молекули розчиняються у полярних розчинниках (H_2O , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
- Неполярні молекули – у неполярних розчинниках (CCl_4 , CH_3COCH_3).

Таблиця розчинності неорганічних солей

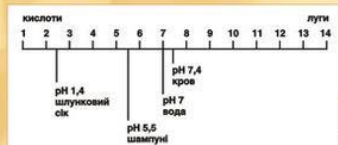
ТАБЛИЦЯ РОЗЧИННОСТІ

РОЗЧИННОСТЬ ОСНОВ. КИСЛОТ АМФІОТЕРИЧ. ГІДРОКСИДІВ ТА СОЛЕЙ У ВОДІ (при t 20-25 °С)	СУМІШІ, РОЗЧИНИ																						
	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Co ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺	
OH ⁻	-	P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H	
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	P	P	-	H	P	P	
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P	
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P	
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	P	P	H	H	H	M	P	
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	H	?	?	?	?	?	?	?	
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	H	H	?	M	H	H	H	?	?	
HSO ₃ ⁻	P	?	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P	
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	M	?	?	M	?	?	?	?	
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	P	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	?	?	H	?	?	?	M	H	?	
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	P	P	P	?	-	?	?	
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	H	H	H	?	H	?	H	
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	?	?	P	?	?	
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	P	P	-	P	
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	?	?	?	H	H	?	?	H	?	?

P розчинні (більше 1 г в 100 г води)
 M малорозчинні (від 1 г до 0,001 г в 100 г води)
 H нерозчинні (менше 1 г в 100 г води)
 ? не існують або немає достовірної інформації
 - реагують з водою, утворюючи нерозчинні основні солі чи гідроксиди



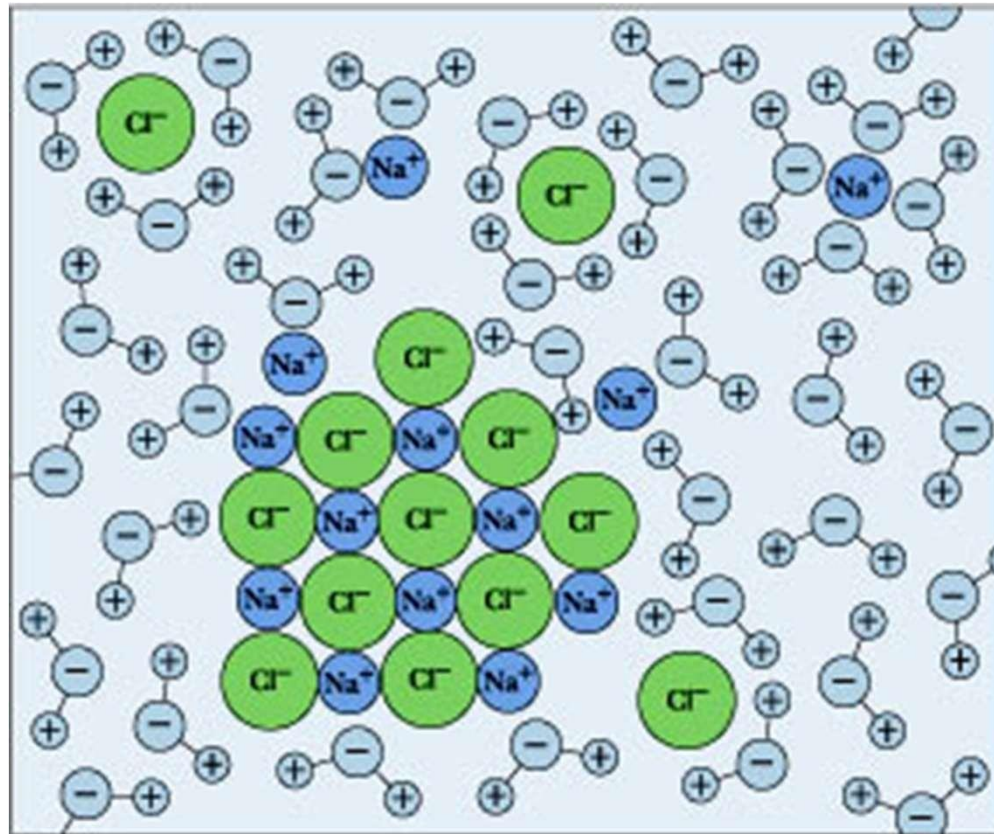
Субстанція		Намазані		Однорідні	
		Класифікація систем (дисперсійні розчини)			
		Розчинювана речовина			
		тверда речовина	рідина	газ	
Тверда речовина	дисперсія	дисперсія	дисперсія	дисперсія	дисперсія
рідина	розчин	розчин	розчин	розчин	розчин
газ	розчин	розчин	розчин	розчин	розчин



Індикатори	Середовище		
	Кисле	Нейтральне	Лужне
Універсальний	червоний	жовтий	зелений
Лакмус	червоний	фіолетовий	синій
Фенілфталеїн	безбарвний	безбарвний	жовтий
Метилоранж	рожевий	оранжевий	жовтий

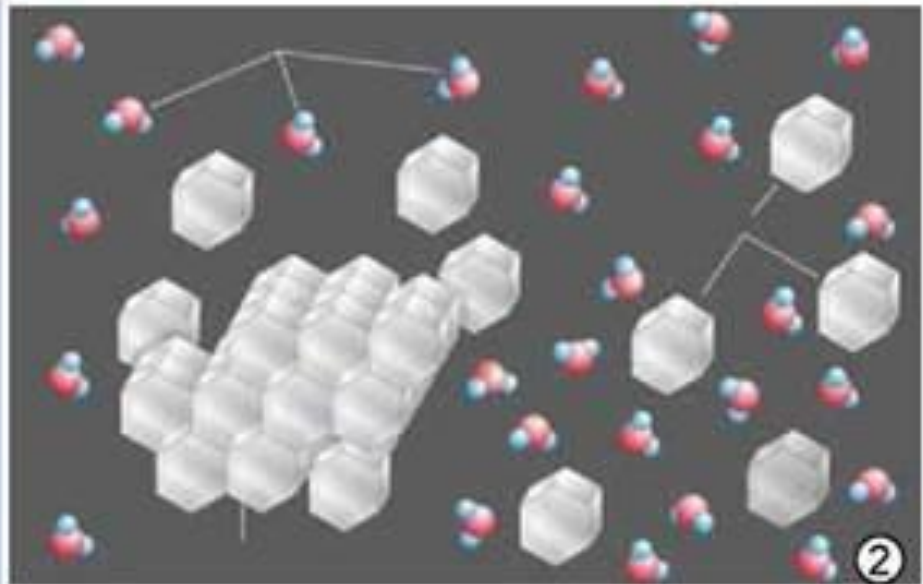
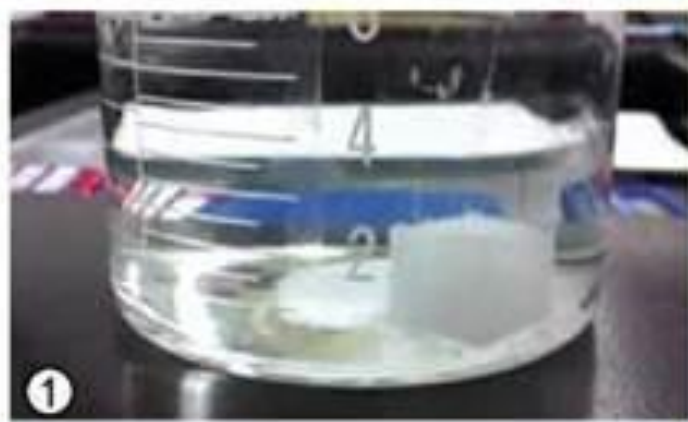
Подібне розчиняється у подібному

- розчинник – вода, NaCl – полярна молекула



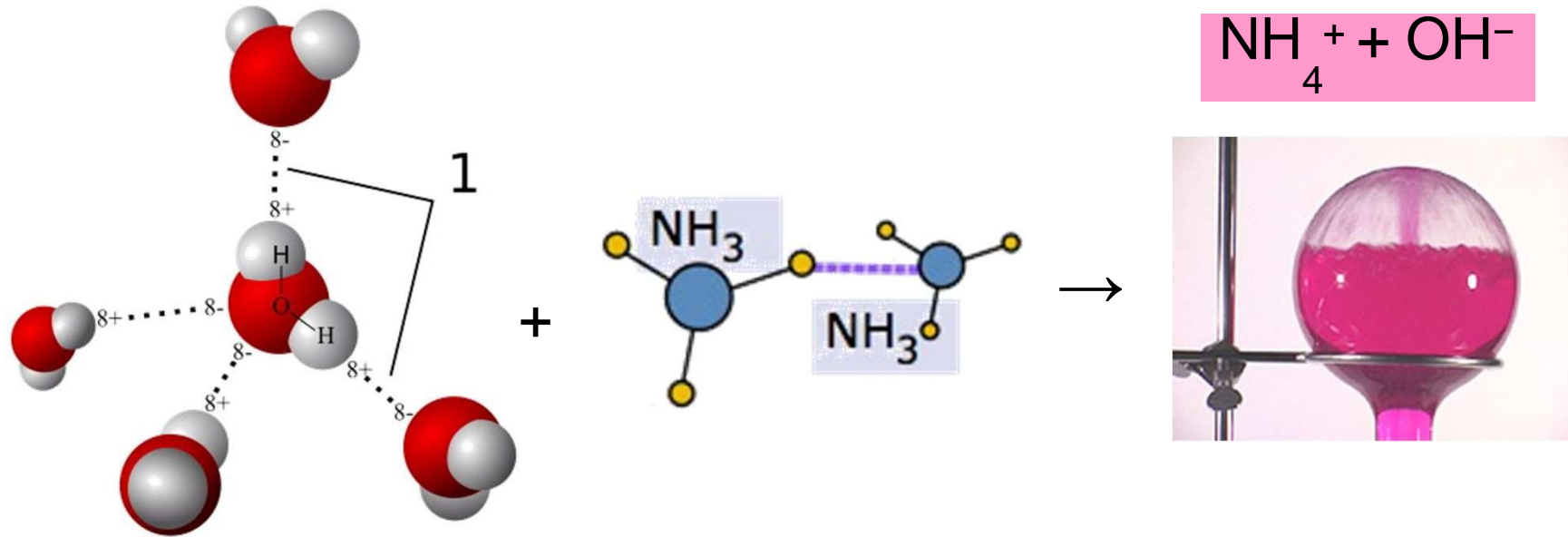


Подібне розчиняється у подібному





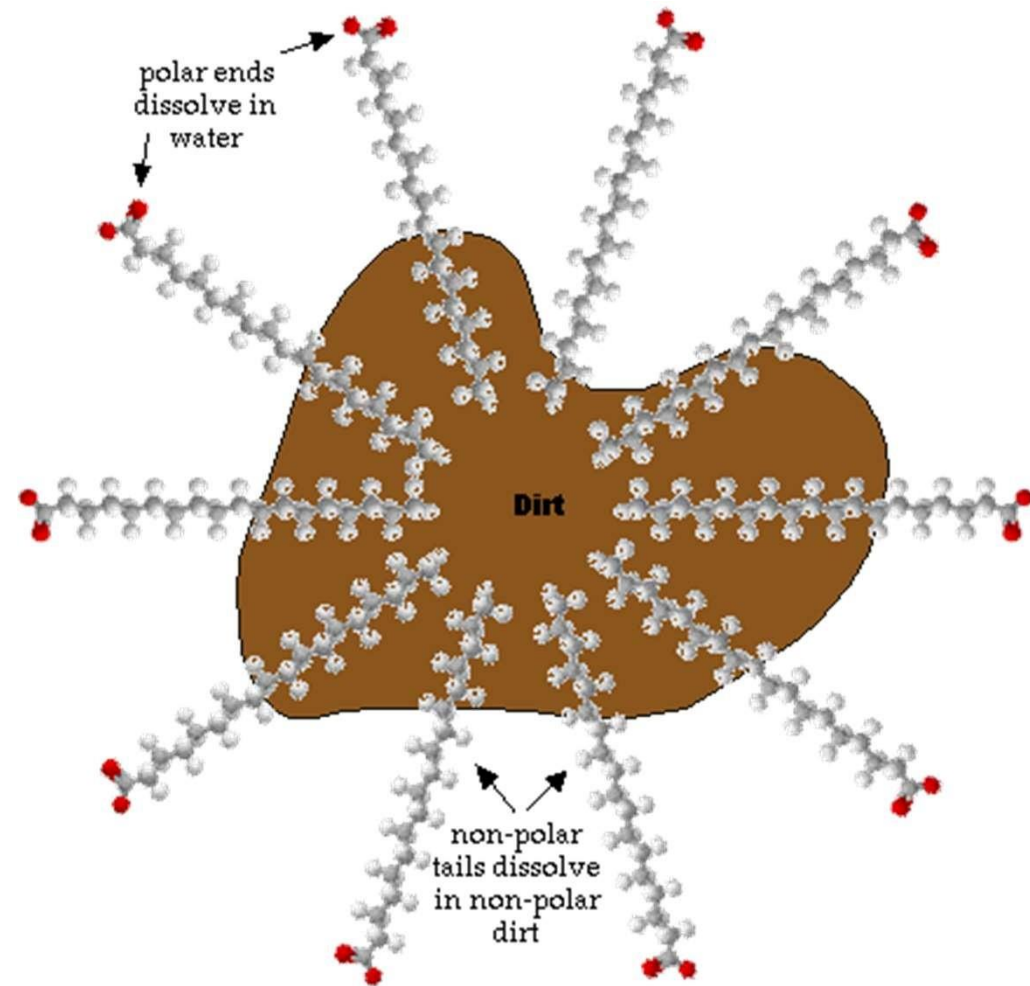
Подібне розчиняється у подібному



- Полярний розчинник (вода) – полярна молекула газу (амоніак)

Подібне розчиняється у подібному

Неполярна молекула (конгломерат) може розчинитися у воді лише за наявності речовини, яка містить неполярні і полярні ділянки.



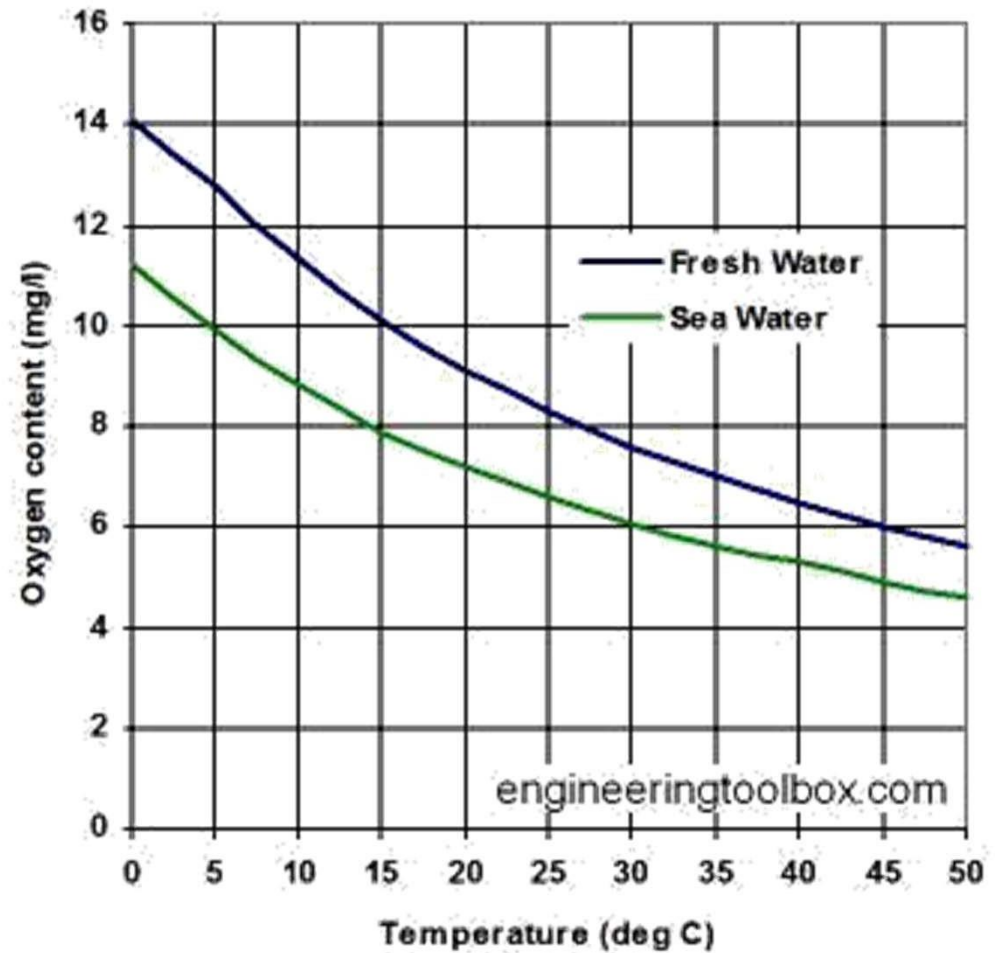
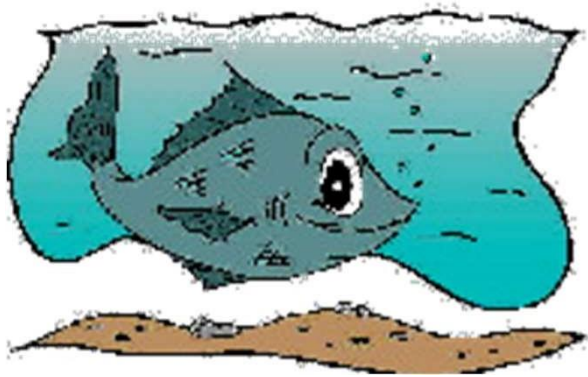


Температура

- З підвищенням температури зростає розчинність **твердих речовин**, рівновага ендотермічних реакцій зсувається у бік продуктів.
- Розчинність **газів** знижується з температурою.
- Розчинність **рідин** залежить від теплового ефекту реакції розчинення.

Розчинність газів

- У чистій воді кисню розчиняється більше, ніж у морській, мг/л :
- 0 °C 14.6 11.3
- 25°C 8.2 6.7



Вплив тиску на розчинність газів

- Закон Генрі (1803 г.): при постійній T розчинність газу в рідині прямо пропорційна тиску цього газу над розчином:

$$c = k_H \cdot p$$

p – парціальний тиск газу,

c – концентрація газу в розчині,

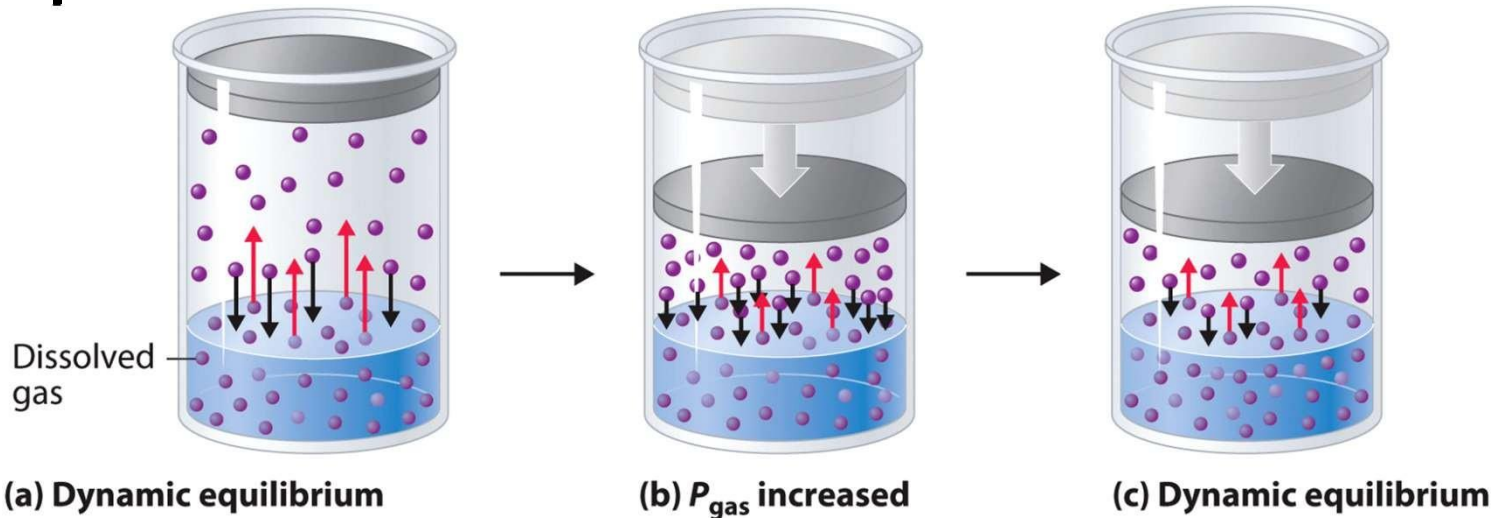
k_H – стала Генрі.

- Закон виконується лише для ідеальних розчинів і невисокого тиску.



Уільям Генрі
(1774–1836)

Розчинність газів зростає з тиском



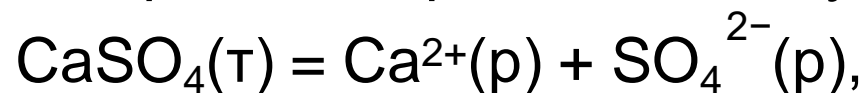
Стала Генрі у воді при 25° С, л·атм·моль⁻¹

газ	He	N ₂	O ₂	CO ₂	CH ₄	NH ₃
k_{H}	2703	1639	769	29.4	0.00129	57



Присутність третьої речовини

- Речовина сильно сольватується, зв'язує багато молекул розчинника і цим зменшує розчинність (спирт по відношенню до розчинів солей)
- Речовина зв'язує молекули або іони речовини і цим підвищує розчинність (амоніак зв'язує Cu^{2+} і розчинність $\text{Cu}(\text{OH})_2$ зростає)
- Речовина надає іони, однакові з іонами речовини, що розчиняється, і рівновага розчинення зсувається:



при додаванні CaCl_2 випадає осад CaSO_4 .



Колігативні властивості розчинів

- закони Рауля
- ОСМОТИЧНИЙ ТИСК

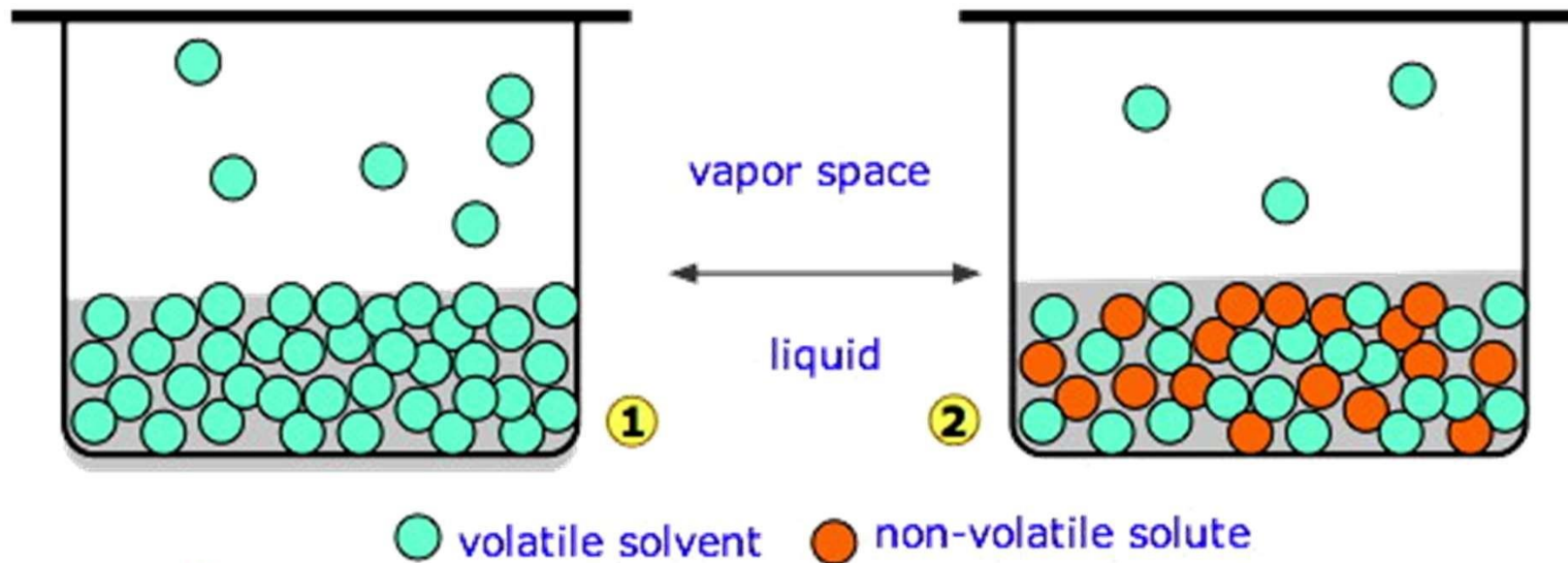


Колігативні властивості розчинів

- властивості, які за даних умов є рівними і не залежать від хімічної природи розчиненої речовини;
- властивості розчинів, які залежать лише від кількості структурних одиниць і їх теплового руху;
- змінення термодинамічних властивостей розчинів відносно властивостей розчинника:
 - зниження тиску пари,
 - підвищення температури кипіння,
 - зниження температури замерзання,
 - ОСМОТИЧНИЙ ТИСК.

Парціальний тиск розчинника над розчином

- При додаванні розчиненої речовини до розчинника знижується число молекул розчинника, здатних переходити у газову фазу



Закон Рауля (1886 р.)

- тиск пари розчину, який містить нелетку речовину, прямо пропорційний мольній частці розчинника у розчині:

$$p = p_0 \cdot X_{\text{р-ль}},$$

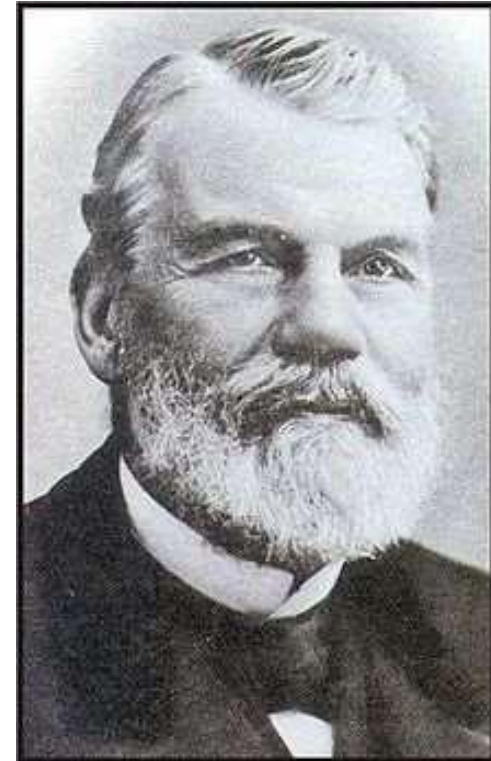
p – тиск пари над розчином, Па;

p_0 – тиск пари над чистим розчинником;

$X_{\text{р-ль}}$ – мольна частка розчинника.

- Для 2-х компонентного розчину

$$X_{\text{р-ль}} = 1 - X_{\text{рв}}.$$



Франсуа Марі Рауль
(1830 – 1901)



Другий закон Рауля

- Підвищення температури кипіння розчину відносно температури кипіння розчинника $\Delta T_{\text{кип}}$, і зниження температури замерзання розчину порівняно із $T_{\text{зам}}$ розчинника прямо пропорційні молярності розчину:

$$\Delta T_{\text{кип/зам}} = K_{\text{еб/кр}} \cdot m(X),$$

$K_{\text{еб/кр}}$ – відповідно ебуліоскопічна і кріоскопічна константи, які залежать природи розчинника;

$m(X)$ – молярність розчину.

Ебуліоскопічні константи

- Залежать лише від природи розчинника, який має парціальний тиск над розчином

розчинник	$T_{\text{кип}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$K_{\text{еб}}, \text{ К}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{кг}$
Вода H_2O	100	0.514
Етанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	79	1.19
Етанова кислота CH_3COOH	118	2.93
Тетрахлорид карбону CCl_4	76.5	5.03

Кріоскопічні константи

- $K_{кр}$ – завжди негативна величина.

Solvent	$T_{зам}, ^\circ C$	$K_{кр}, K \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{кг}$
Вода H_2O	0.0	-1.86
Етанова кислота CH_3COOH	16.7	-3.90
Бензен C_6H_6	5.5	-5.10
Камфора $C_{10}H_{16}O$	180.0	-40.0
Циклогексан C_6H_{12}	6.5	-20.2
Фенол C_6H_5OH	40.0	-7.3

Практичне застосування

- Ефективність антифризів залежить від їх розчинності і числа частинок, які утворюються при дисоціації:

Речовина	Формула	$T_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$
Сульфат амонію	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-7
Хлорид кальцію	CaCl_2	-29
Хлорид калію	KCl	-15
Хлорид натрію	NaCl	-9
Сечовина	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	-7

- Антифриз для автомобільних радіаторів – етиленгліколь $(\text{CH}_2\text{OH})_2$.
- Чистий $(\text{CH}_2\text{OH})_2$ замерзає при -12.9°C і кипить при 197°C .

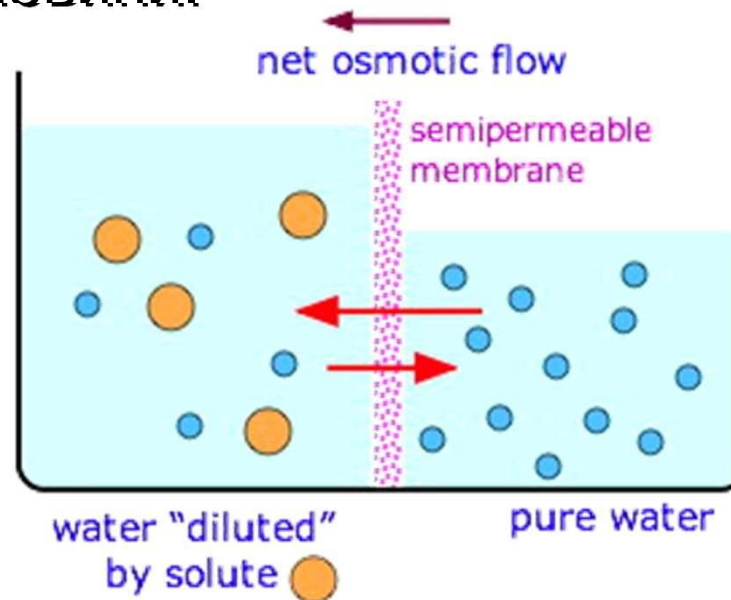
Дифузія

- **Дифузія** – спрямований рух молекул (іонів) з області високої концентрації речовини в область низької за градієнтом концентрації dc/dt .



Осмос

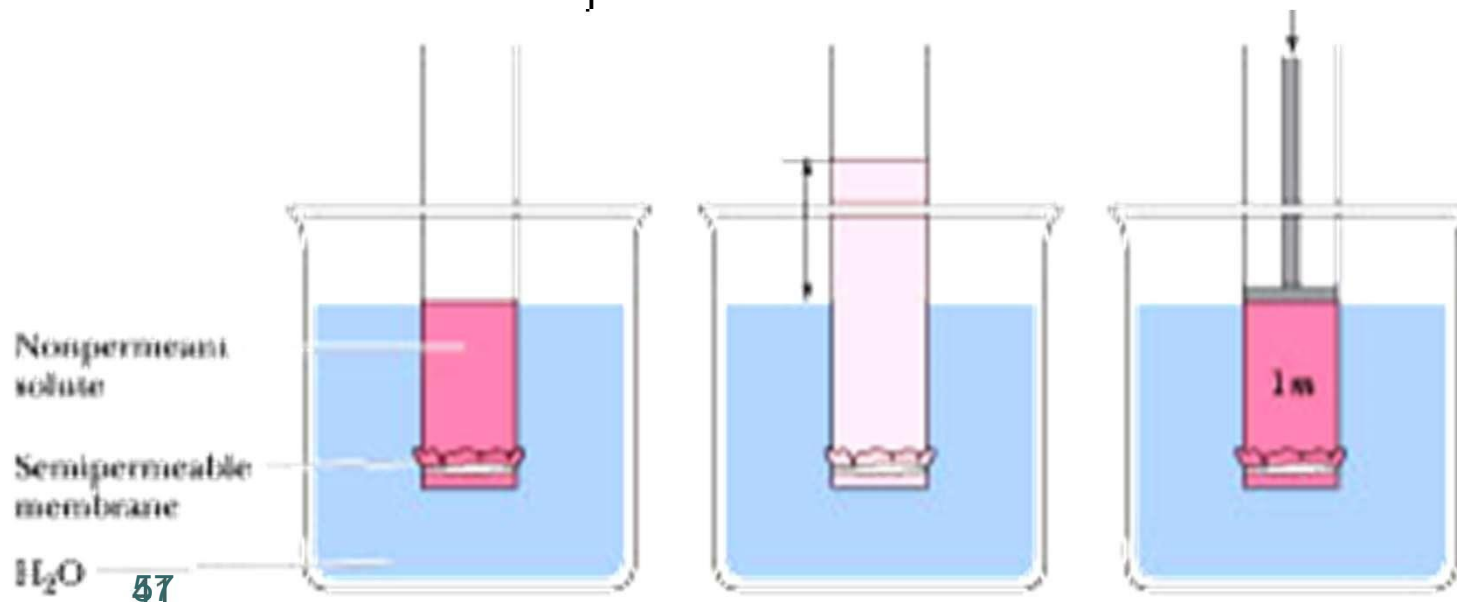
- Потік розчинника або **ОСМОТИЧНИЙ ПОТІК (ОСМОС)** – рух молекул розчинника в бік більш концентрованого розчину.
- Осмотичний потік – дифузія розчинника через мембрану, яка є непроникною для молекул розчиненої речовини.



Осмотичний тиск

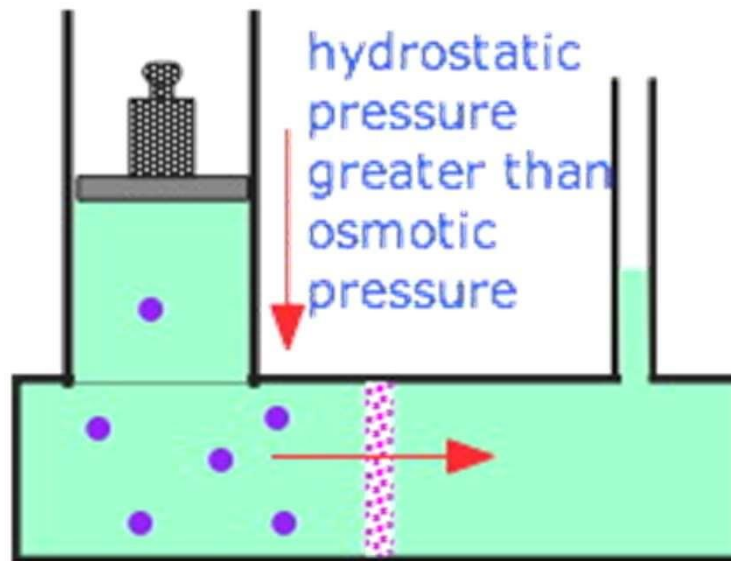
- тиск, необхідний для припинення осмотичного потоку розчинника.
- осмотичний тиск P_i розчину, який містить n моль розчинених частинок в об'ємі V , становить:

$$\pi_i = nRT/V = cRT$$



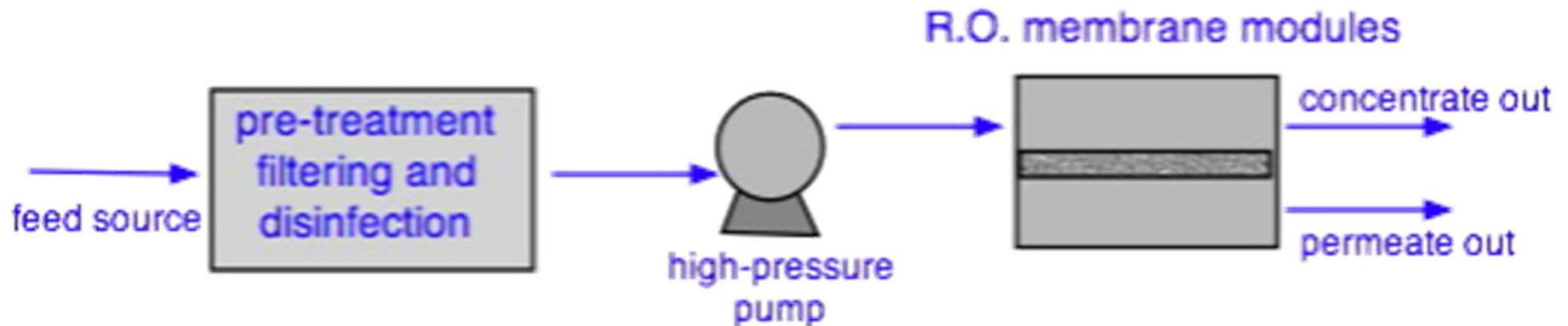
Осмотичний тиск

- Застосування гідростатичного тиску більше P_i до відділення осмотичної комірки з високою концентрацією розчиненої речовини забезпечує рух молекул води і бік чистої води – зворотний осмос:



Зворотний осмос

- Зворотний осмос – найпоширеніша технологія очистки, деіонізації технічної води й знесолення морської води для отримання питної і промислового використання.



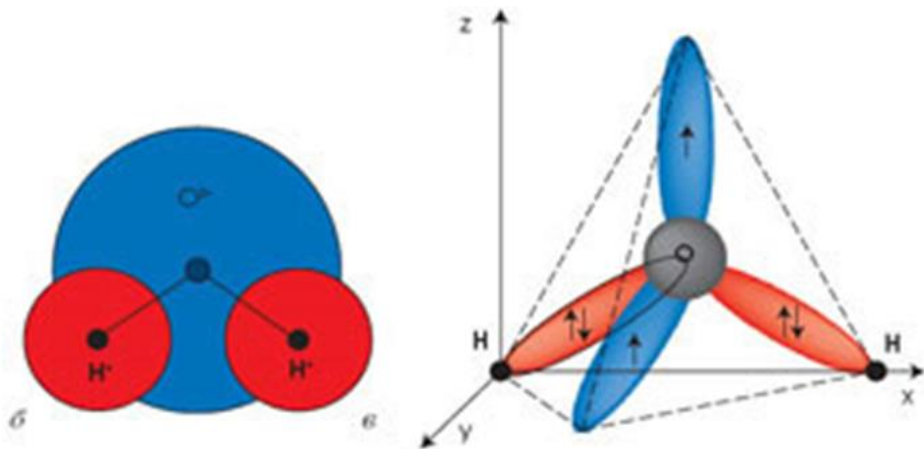


ВОДА

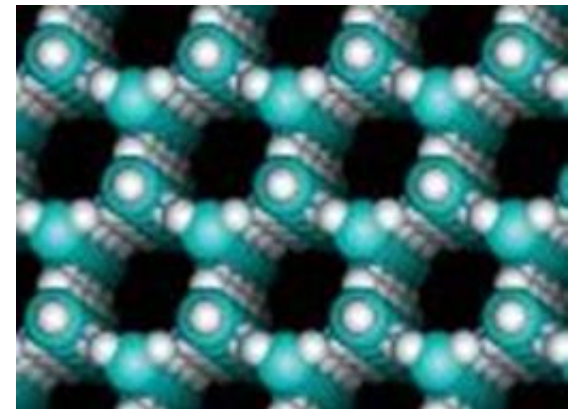
Молекулярна формула	H ₂ O
Молярна маса	18,01528(33) г/моль
Зовнішній вигляд	прозора безбарвна рідина з блакитним відтінком
Густина	1 г/см ³ (при 4 °C)
Температура плавлення	0 °C
Температура кипіння	99,98 °C



Молекула води має кутову будову. Через значну різницю електронегативностей атомів кисню та гідрогену ця молекула сильно полярна. Це робить воду добрим розчинником багатьох полярних сполук (як неорганічних, так і органічних), враховуючи той факт, що за стандартних умов вода є рідиною.



За рахунок водневих зв'язків асоційовані (зв'язані) молекули H_2O утворюють ажурні просторові структури.

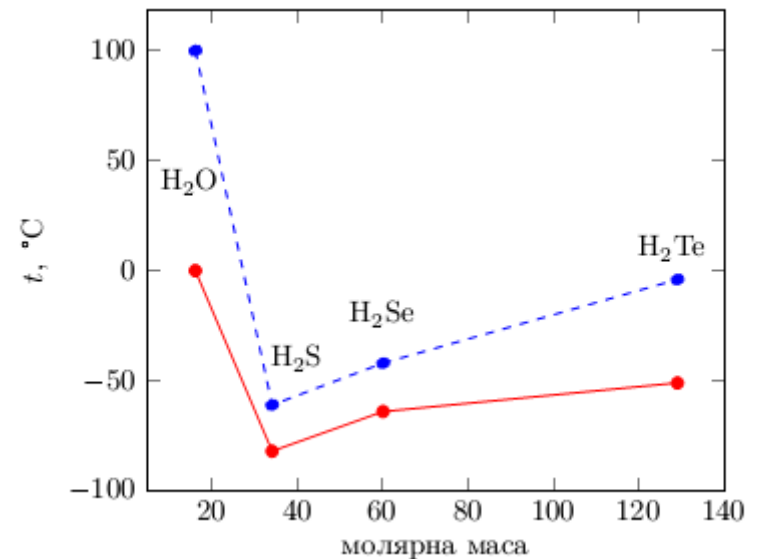




Аномальні фізичні властивості ВОДИ

- Вода має найвищу теплоємність (після NH_3).
- Високі теплоти плавлення і випаровування води дозволяють підтримувати тепловий баланс у природі та на виробництві.
- Найвища (після HCN) діелектрична проникність води (80) має наслідком високу розчинну здатність.
- Аномально висока температура плавлення та кипіння, робить воду рідиною за звичайних умов більшості кліматичних поясів Землі.

Залежність температури плавлення (нижня лінія) та кипіння (верхня лінія) у ряду однотипних сполук H_2E





Агрегатний стан води



Кристалічний
(лід)

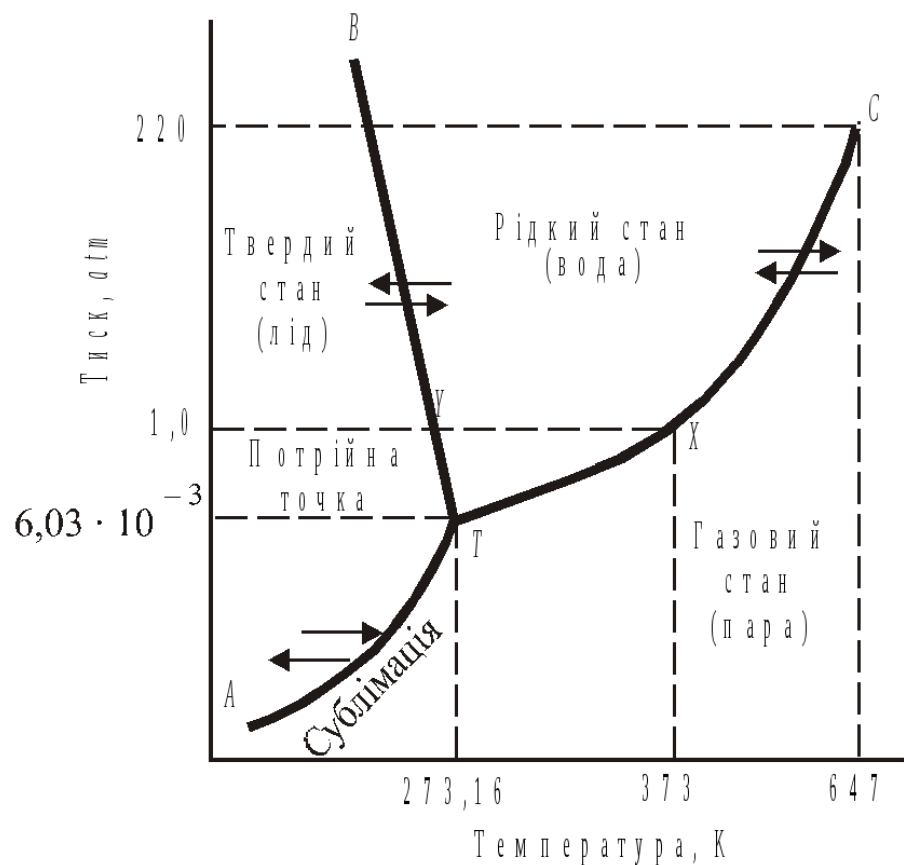


Рідкий



Газоподібний
(пара)

Діаграма стану води



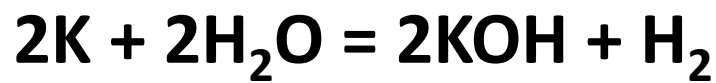
Фазова діаграма води – графічне відображення рівноважного стану фаз води (рідини, водяної пари, та різних модифікацій льоду):

- крига розриває ємності при замерзанні рідкої води внаслідок збільшення об'єму (зменшення густини);
- водойми не промерзають до дна навіть у сильні морози, адже крига плаває на поверхні рідкої води і перешкоджає її подальшому охолодженню.



Хімічні властивості води

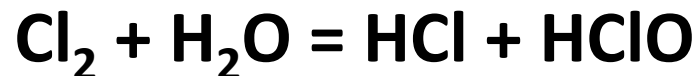
- ❖ Вода досить хімічно активна.
- ❖ Вона реагує з активними металами з виділенням водню:



- ❖ З оксидами багатьох металів і неметалів - з утворенням основ і кислот:



- ❖ З деякими активними неметалами - з утворенням кислот:



Твердість води

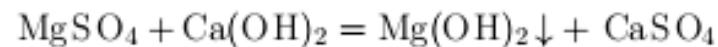
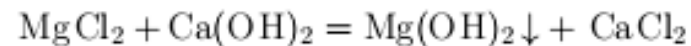
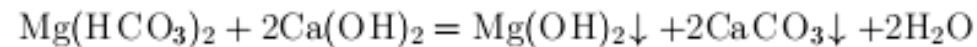
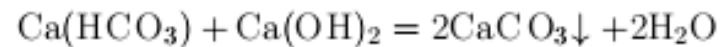
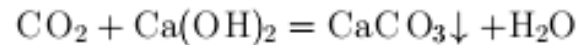
- Твердість води – показник, що визначає вміст іонів-накипоутворювачів (Ca^{2+} , Mg^{2+}) у воді
- $T_{\text{заг}} = c(1/2\text{Ca}^{2+}) + c(1/2\text{Mg}^{2+})$ – за визначенням
- $[T_{\text{заг}}] = \text{моль/м}^3 = \text{ммоль/л}$
- Класифікація води за загальною твердістю
 - менше 4 моль/м^3 – м'яка
 - $4 - 8 \text{ моль/м}^3$ – середньої жорсткості
 - $8 - 12 \text{ моль/м}^3$ – жорстка
 - більше 12 моль/м^3 – дуже жорстка
- Загальна твердість $T_{\text{заг}}$ визначається двома складовими
 - карбонатною твердістю, $T_{\text{К}}$ – вмістом $\text{E}(\text{HCO}_3)_2$
 - некарбонатною твердістю, $T_{\text{НК}}$ – вмістом ECl_2 , ESO_4 , $\text{E}(\text{NO}_3)_2$ і т.п.
 - таким чином $T_{\text{заг}} = T_{\text{К}} + T_{\text{НК}}$
- Які проблеми створює висока твердість?
 - численні солі E^{2+} нерозчинні – при додаванні у тверду воду реагентів випадають осади
 - приклад: у твердій воді погано милиться мило
 - дві солі – $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – утворюють осад при нагріванні води: $\text{E}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{t} \text{ECO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$



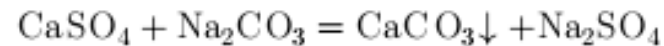
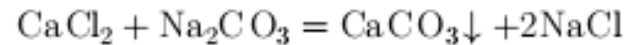


Методи усунення твердості води

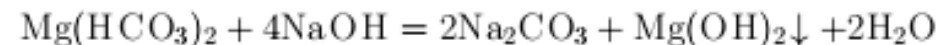
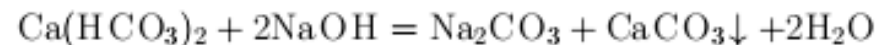
- Вапняковий метод: додавання $\text{Ca}(\text{OH})_2$



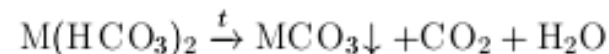
- Вапняно-содовий метод: дія Na_2CO_3 після вапна



- Їдконатровий метод: додавання NaOH



- Термічний метод:



- Іонообмінний і магнітний методи